

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

APPLICANTS : Toshiyuki NAGAOKA, et al.  
SERIAL NO. : (Unassigned)  
FILED : (Herewith)  
FOR : VARIABLE OPTICAL ELEMENT, OPTICAL UNIT, AND IMAGE CAPTURING DEVICE  
GROUP ART UNIT : (Unassigned)  
Examiner : (Unassigned)

COMMISSIONER FOR PATENTS  
P. O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

**CLAIM TO CONVENTION PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

SIR:

Applicants hereby claim the Convention Priority Date of Japanese Patent Application No. 2003-126550 filed in Japan on 01 May 2003. A certified copy of said Japanese Patent Application is enclosed.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
John C. Altmiller  
(Reg. No. 25,951)

Dated: 12 April 2004

KENYON & KENYON  
1500 K Street, N.W., Suite 700  
Washington, DC 20005-1257

Tel: (202) 220-4200  
Fax: (202) 220-4201

05P15628  
US15628

1/1

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 5月 1日

出願番号 Application Number: 特願 2003-126550

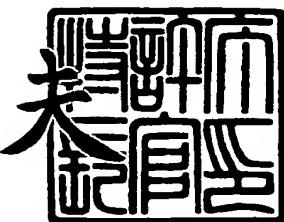
[ST. 10/C]: [JP 2003-126550]

出願人 Applicant(s): オリンパス株式会社

2004年 3月 12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康



出証番号 出証特 2004-3019945

【書類名】 特許願  
【整理番号】 03P00373  
【提出日】 平成15年 5月 1日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 G03B 3/04  
【発明の名称】 可変光学素子、光学ユニット及び撮像装置  
【請求項の数】 4  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学  
工業株式会社内  
【氏名】 永岡 利之  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学  
工業株式会社内  
【氏名】 武山 哲英  
【特許出願人】  
【識別番号】 000000376  
【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100106909  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 棚井 澄雄  
【代理人】  
【識別番号】 100064908  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 志賀 正武

**【選任した代理人】****【識別番号】** 100101465**【弁理士】****【氏名又は名称】** 青山 正和**【選任した代理人】****【識別番号】** 100094400**【弁理士】****【氏名又は名称】** 鈴木 三義**【選任した代理人】****【識別番号】** 100086379**【弁理士】****【氏名又は名称】** 高柴 忠夫**【選任した代理人】****【識別番号】** 100118913**【弁理士】****【氏名又は名称】** 上田 邦生**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 008707**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0207288**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 可変光学素子、光学ユニット及び撮像装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の液体と該第1の液体と混合することのない第2の液体とを容器内に収容し、前記2種類の液体への印加電圧の変化に応じて、前記第1の液体と前記第2の液体の界面形状を変化させることにより光学特性を変化させる可変光学素子であって、

前記可変光学素子は、所定の基準に対して、前記可変光学素子を位置決めするための指標を有し、

前記指標は、所定の基準に対して前記可変光学素子が位置決めされた状態において、前記可変光学素子の波面収差が所定値以下あるいは最小となることを示すものであることを特徴とする可変光学素子。

【請求項2】 第1の液体と該第1の液体と混合することのない第2の液体とを容器内に収容し、前記2種類の液体への印加電圧の変化に応じて、前記第1の液体と前記第2の液体の界面形状を変化させることにより光学特性を変化させる可変光学素子と、少なくとも一つの他の光学素子を有する光学ユニットであって、

前記可変光学素子は、所定の基準に対して、前記可変光学素子を位置決めするための指標を有し、

前記指標は、所定の基準に対して前記可変光学素子が位置決めされた状態において、前記光学ユニットの波面収差が所定値以下あるいは最小となることを示すものであることを特徴とする光学ユニット。

【請求項3】 請求項1に記載の可変光学素子を備える撮像装置。

【請求項4】 請求項2に記載の光学ユニットを備える撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、可変光学素子、光学ユニット及び撮像装置に関するものである。

【0002】

**【従来の技術】**

従来、焦点距離を可変させる光学素子としては、第1の液体及びこの第1の液体と混合することのない第2の液体を容器に密閉し、界面形状を変化させることによって焦点位置を可変させる素子が提案されている（例えば、特許文献1参照。）。この特許文献1の装置に使用されている光学素子は、比重が等しい第1の液体と第2の液体とを容器内に密閉し、この容器に設けられている電極に電圧を印加する。このことにより、第1液体と第2液体との界面張力が変化する。そのため、第2の液体が作るレンズでは、レンズの底面の直径、厚み及び曲率半径が変化する。このようにして、上記光学素子は焦点距離を変化させるようになっていいる。

また、上記光学素子に関しては、重力の影響を受けるために、収差が発生することが開示されている。ただし、これは、2種類の液体に密度差が生じており、なお且つ、光学素子が光軸に対し略水平方向に配されているときである。（例えば、非特許文献1。）。

**【0003】****【特許文献1】**

特開2001-249261号公報

**【非特許文献1】**

Current Developments in Lens Design and Optical Engineering III  
: PROCEEDING OF SPIE, Vol4767, 8-9 July 2002

**【0004】****【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、特許文献1に示されるような光学素子では、実際には2種類の異なる液体の比重を完全に一致させることは極めて困難である。このため、上記光学素子が、光軸の方向が略水平である光路中に配置される場合には、2つの液体は重力による影響を受けることになる。その結果、2つの液体の界面が、光軸に対して回転非対称な形状となる。よって、光学素子を透過した光の波面には、波面収差が発生する。

**【0005】**

この発明は上述した事情に鑑みてなされたものであって、少なくとも2種類の液体を有する光学素子において、その配置状態に起因する光学性能の劣化を所定値以下、あるいは最小限に抑えた可変光学素子を提供することを目的とする。また、その可変光学素子を備える光学ユニット、撮像装置を提供することを目的とする。

### 【0006】

#### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、第1の液体と該第1の液体と混合することのない第2の液体とを容器内に収容し、前記2種類の液体への印加電圧の変化に応じて、前記第1の液体と前記第2の液体の界面形状を変化させることにより光学特性を変化させる可変光学素子であって、前記可変光学素子は、所定の基準に対して、前記可変光学素子を位置決めするための指標を有し、前記指標は、所定の基準に対して前記可変光学素子が位置決めされた状態において、前記可変光学素子の波面収差が所定値以下あるいは最小となることを示すものであることを特徴とする。

### 【0007】

本発明は、第1の液体と該第1の液体と混合することのない第2の液体とを容器内に収容し、前記2種類の液体への印加電圧の変化に応じて、前記第1の液体と前記第2の液体の界面形状を変化させることにより光学特性を変化させる可変光学素子と、少なくとも一つの他の光学素子を有する光学ユニットであって、前記可変光学素子は、所定の基準に対して、前記可変光学素子を位置決めするための指標を有し、前記指標は、所定の基準に対して前記可変光学素子が位置決めされた状態において、前記光学ユニットの波面収差が所定値以下あるいは最小となることを示すものであることを特徴とする。

### 【0008】

また本発明は、上記に記載の光学素子を備える撮像装置を提供する。

また本発明は、上記に記載の光学ユニットを備える撮像装置を提供する。

### 【0009】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1実施形態に係る可変光学素子について図面を参照して説明する。

本実施形態に係る可変光学素子10は、図1に示すように、第1の液体11と、第2の液体13と、これらの液体を収容する容器14とから構成されている。ここで、第1の液体11と第2の液体13は、お互いが混合せず、両者の間に界面12を形成する性質を有する。すなわち、両者は、1つの密閉された空間内において、互いに界面12を境にして分離する性質を持っている。

容器14は、2枚のカバーガラス15、16と、リング状の第1の電極17及び第2の電極18と、リング状のシール部材19と、枠体20とから構成されている。

カバーガラス15と16は、いずれも平行平面板である。両者は互いの面が平行となるように、所定の間隔で配置されている。カバーガラス15と16との間には、第1の電極17、シール部材19、第2の電極18が配置されている。

第1の電極17は外周面が円筒形状で、内周面が円錐形状になっている。そして、第1の電極17の一方の端面が、カバーガラス15と接するように配置されている。また、第1の電極17の他方の端面は、シール部材19と接している。このシール部材19は、絶縁性を有している。

### 【0010】

シール部材19を挟んで第1の電極17の反対側には、第2の電極18が配置されている、第2の電極18は、外周面も内周面も円筒形状である。第2の電極18の一方の端面は、シール部材19と接している。また、第2の電極18の他方の端面は、カバーガラス16と接している。

なお、2つのカバーガラス15、16、2つの電極17、18、シール部材19の外径は、共に同じである。

また、枠体20は外周面も内周面も円筒状である。そして、一方の端面に突起部が形成されている。枠体20の内周面の内径は、上記の各部材（2つのカバーガラス15、16、2つの電極17、18、シール部材19）の外径と略同じである。よって、上記の各部材を、枠体20の内周面側に挿入することができる。

その際、枠体20の突起部があるので、カバーガラス15がこの突起部と接す

る。これにより、枠体20内での上記の各部材の位置が決まる。更に、この突起部の反対側の内周面には、ネジ部が形成されている。一方、押さえ環21には、その外周面にネジ部が形成されている。このネジ部の外径は、枠体20のネジ部の内径と同じである。よって、この押さえ環21により、カバーガラス16側から、上記の各部材を押圧することができる。

### 【0011】

第1の電極17は、第1の液体11と導通する位置に配置されている。また、第2の電極18は、第2の液体13と導通する位置に配置されている。そして、それぞれ別々に、電圧を印加できるようになっている。

また、枠体20の外周面には、図1及び図3に示すように、例えば、刻印によるマーク（指標）1が設けられている。このマーク1は、以下のようにして付与されている。なお、図中、Bは鉛直方向（あるいは重力方向）を表している。また、水平方向は、鉛直方向と直交する方向である。

図1に示すように、光軸Aが水平方向と平行になるように、可変光学素子10を配置する。このとき、界面12は重力の影響を受けて変形する。すなわち、界面12の形状は、光軸Aに対して回転非対称な形状となる。このため、可変光学素子10を透過する光には、波面収差が発生することになる。

### 【0012】

上記構成において、枠体20と第1の液体11は、互いが一体となって動くような関係にはなっていない。同様のことが、枠体20と第2の液体13においても言える。そこで、可変光学素子10を、光軸Aの回りに回転させたとする。この場合、枠体20は回転するが、第1の液体11及び第2の液体13は回転しない。したがって、これらの液体を透過することによって生じる波面収差の方向は、回転に伴って変動することはない。

図2は、その様子を模式的に示した図である。図2において、図2(a)は、波面収差がない状態を示している。ここでは、可変光学素子10で収束光に変換された波面（球面波の波面）を、平面波と干渉させた時の様子である。波面収差がない状態では、各円の中心は一致している。よって、干渉縞の間隔は等間隔になっている。一方、図2(b)は、液体を透過することによって、波面収差が生じ

ている状態である。この状態では、各円の中心が下方にずれている。その結果、干渉縞の間隔は不等間隔になっている。ただし、図2 (b) では、可変光学素子10が回転しても、各円のずれる方向は常に下方である。すなわち、波面収差の方向は変動しない。

一方、カバーガラス15, 16では、その製造誤差等のために波面収差が生じる場合がある。よって、このような場合、カバーガラス15, 16を透過する光には、波面収差が発生することになる。なお、 $\theta$ は回転方向における初期位置を示す任意の角度である。

上記構成において、カバーガラス15, 16は、枠体20に固定されている。そこで、可変光学素子10を、光軸A回りに回転させたとする。この場合、枠体20の回転に伴って、カバーガラス15, 16も回転する。したがって、カバーガラス15, 16を透過することによって生じる波面収差の方向は、回転に伴って変動する。図2 (c) は、カバーガラスを透過することによって生じる波面収差である。図2 (c) では、各円のずれる方向が異なっている。この図からわかるように、カバーガラス15, 16が回転すると、各円のずれる方向も変化している。すなわち、波面収差の方向が変動している。

このように、可変光学素子10を光軸Aの回りに回転させると、可変光学素子10で発生する波面収差の方向は、光軸A回りの回転位置に応じて変動する。なお、可変光学素子10が所定の角度で回転した時の位置を、回転位置と呼ぶ。

### 【0013】

上述のように、可変光学素子10で発生する波面収差は、界面12の変形による波面収差と、カバーガラス15, 16により生じる波面収差とが重なったものである。そして、波面収差の発生源である界面12と、カバーガラス15, 16は、回転に対して異なる動きをする。そこで、本実施形態では、この点に着目して、以下のように可変光学素子10を構成している。

まず、可変光学素子10を、その光軸Aが水平方向と平行になるように、適宜配置する。この位置を初期位置とする。そして、界面12が所定の曲率半径となるように、第1の電極17及び第2の電極18に電圧を印加する。続いて、可変光学素子10に平行光を入射させる。そうすると、可変光学素子10を透過した

光は、界面12の曲率半径に応じた焦点位置に集光させられる。この状態で、光の透過波面を計測する。このようにして、初期位置における波面収差の値が求まる。

次いで、光軸Aの回りに所定の角度だけ、可変光学素子10を回転させる。そして、その状態での波面収差の値を求める。以降、回転位置を徐々に変化させながら、初期位置に戻るまで、この回転と波面収差の値の測定を繰り返し行なう。

上記のようにすると、可変光学素子10が360°回転して初期位置に戻った時には、各回転位置での波面収差の値が全て求まっている。よって、その測定結果から、波面収差の値が最小になる回転位置を、求めることができる。

次に、この回転位置において、可変光学素子10を基準となる位置から見る。ここで、基準となる位置とは、本実施形態では、カバーガラス15を正面（光軸Aの方向）から見た時の位置である。そして、この基準となる位置から見て、枠体20の最も高い位置に、マーク1を設ける。

なお、マーク1を設ける基準としては、さまざまのものがある。例えば、仮想面として、光軸Aと、光軸Aと直交する鉛直方向の線を含む面（Y-Z面）を考える。この仮想面を基準と考えると、マーク1は、この基準面内に設けられていることになる。あるいは、仮想面として、光軸Aと、光軸Aと直交する水平方向の線を含む面（X-Z面）を考える。この仮想面を基準と考えると、マーク1は、この基準面から、反時計回りに90°の位置に設けられていることになる。

#### 【0014】

このように構成された可変光学素子10において、マーク1の作用について、以下に説明する。

例えば、可変光学素子10を使って、物体の像を形成することを考える。物体は、水平方向の遠方に位置しているとする。この場合、可変光学素子10は、その光軸Aが水平方向と平行になるように配置される。その際、基準となる位置から見て、枠体20の最も高い位置にマーク1が一致するように、可変光学素子10を配置する。あるいは、適当に配置した後、枠体20の最も高い位置にマーク1が位置するまで、可変光学素子10を光軸Aの回りに回転させる。なお、ここでの基準となる位置は、マーク1を設けた時と同じである。すなわち、可変光学

素子10を配置する際に、カバーガラス15を正面（光軸Aの方向）から見た時の位置である。

このように配置すれば、可変光学素子10で発生する波面収差の値を、最小限に抑えることができる。

### 【0015】

なお、本実施形態においては、マーク1の付与方法として枠体20の一部に刻印によりマーク1を設けたが、これに限定されない。例えば、シール材の一部を貼り付ける方法やペン、鉛筆によりマーク1を付与しても良い。なお、マーク1を設ける位置としては、図4（a）に示すような、光の入射面あるいは出射面側であっても良い。

また、可変光学素子10を配置する際に、指標として認識できる位置であれば、マーク1の位置は最下位や真横であっても構わない。例えば、図3では、マーク1の位置を、枠体20の最も高い位置とした。しかしながら、水平使用時の光軸A回りの回転位置を指示できるところであれば、これに限定されるものではない。すなわち、枠体20の最も低い位置に下位に、マーク1を設けてもよい。その場合、使用時には、マーク1が最下位になるように、可変光学素子10を配置すれば良い。

なお、マーク1の形状としては、直線に代えて、図4（b）に示すような、例えば、V字であっても良い。また、マーク1を設ける位置は、可変光学素子10を透過する光束を遮らない位置が望ましい。

また、本実施形態では、波面収差が最小値となる回転位置で、マーク1を設けた。しかしながら、厳密に最小値を求める必要はない。よって、波面収差の値が、所定値以下となったときに、マーク1を設けてもよい。

また、各回転位置における波面収差の値を測定するにあたっては、可変光学素子10を連続的に回転させても良い。そして、測定も連続的に行なっても良い。このようにすれば、より正確に、マーク1を設ける位置を得ることができる。

### 【0016】

また、図5に示すように、入射あるいは出射端側のカバーガラス15、16の一方または両方に代えて、パワーを有するレンズ22を採用しても良い。なお、

レンズ22の面22aは、球面、非球面、回折光学面及び自由曲面で構成することが可能である。また、レンズ22の素材としてはガラスやプラスチックで構成することが可能である。

また、図6に示すように、枠体20を延長させ、可変光学素子10とは別の光学素子を一体的に固定し、光学ユニット30を構成させてもよい。そして、光学ユニット30を回転させ、全体の波面収差の値が最小値、あるいは所定値以下となる角度位置ようにマーク1を設けても良い。

### 【0017】

次に、本発明の第2実施形態に係る撮像装置40について、図7を参照して説明する。なお、撮像装置40の説明において、上述した可変光学素子10と構成を共通とする箇所には同一の符号を付して、説明を省略することにする。

本実施形態に係る撮像装置40は、図7に示されるように、光を集光させる光学ユニット50と、撮像素子41とを備えている。撮像素子41は、光学ユニット50の焦点位置近傍に配置されている。

光学ユニット50には、可変光学素子10及び光学系31が、それぞれ別の枠体20、32により支持されている。そして、これら枠体20、32は、光軸Aが一致するように、嵌合可能に構成されている。

光学系31は、凹レンズ33、凸レンズ34、35から構成されている。これらのレンズは、可変光学素子10とは別の光学素子である。

撮像素子41は、被写体光を光電変換するCCDである。この撮像素子41は光学ユニット50によって形成された像位置に配置されている。

### 【0018】

また、光学ユニット50には、図8に示すように、例えば、刻印によるマーク2、3（指標）が設けられている。マーク2は、枠体20の外周面に設けられている。また、マーク3は、枠体32の光入射端面側に設けられている。

これらのマーク2、3は以下のようにして設けられる。

第1の設定方法について説明する。まず、光軸Aが水平方向と平行になるように、可変光学素子10を配置する。そして第1の実施形態で説明したように、可変光学素子10単体で、波面収差がの値が最小になる回転位置を得る。そして、

その位置で、枠体20にマーク2を設ける。

次に、可変光学素子10に光学系31を嵌合させる。そして、可変光学素子10を固定したまま、光学系31を光軸Aの回りに回転させる。このとき、各回転位置において、光学ユニット50全体の波面収差の値を計測する。測定結果から、波面収差の値が最小になる回転位置を得る。そして、その回転位置となるよう、光学系31を回転させる。最後に、その回転位置で、枠体20と枠体32を、接着剤等で固定する。

なお、枠体20と枠体32を固定しない場合は、この回転位置で、枠体32にマーク3を設ける。このとき、マーク3の一部がマーク2の一部と繋がるように、マーク3を設ける。このようにしておけば、可変光学素子10と光学系31を別々に配置する時に便利である。

この第1の設定方法は、光学系31で発生する波面収差の値が、カバーガラス15, 16や界面12で発生する波面収差の値に比べて小さい場合に有効である。

### 【0019】

第2の設定方法について説明する。光学ユニット50を適宜配置する。次に、光学系31を固定する。そして、可変光学素子10だけを、光軸Aの回りに回転させる。このとき、可変光学素子10を回転させながら、各回転位置において、光学ユニット50全体の波面収差の値を計測する。そして、光学ユニット50全体の波面収差の値が最小値となる回転位置を得る。

この状態で、枠体20と枠体32を、接着剤等で固定する。そして、光学ユニット50全体を回転させる。このとき、各回転位置において、光学ユニット50全体の波面収差の値を計測する。測定結果から、波面収差の値が最小になる回転位置を得る。そして、その回転位置となるように、光学ユニット50を回転させる。そして、その回転位置で、枠体20にマーク2を設ける。あるいは、枠体32にマーク3を設ける。

なお、枠体20と枠体32を固定しない場合は、この回転位置で、枠体32にマーク3を設ける。このとき、マーク3の一部がマーク2の一部と繋がるように、マーク3を設ける。このようにしておけば、可変光学素子10と光学系31を

別々に配置する時に便利である。

この第2の設定方法は、界面12で発生する波面収差の値が、カバーガラス15, 16や光学系31で発生する波面収差の値に比べて小さい場合に有効である。なお、上記説明では、光学系31を固定して可変光学素子10を回転させたが、逆であっても良い。

#### 【0020】

第3の設定方法について説明する。光学ユニット50を適宜配置する。次に、可変光学素子10を固定する。そして、光学系31だけを、光軸Aの回りに回転させる。このとき、光学系31を回転させながら、各回転位置において、光学ユニット50全体の波面収差の値を計測する。そして、光学ユニット50全体の波面収差の値が最小値となる回転位置を得る。そして、波面収差が最小値になる回転位置で、枠体32にマーク3を設ける。

続いて、可変光学素子10を、光軸Aの回りに回転させる。このとき、可変光学素子10を回転させながら、各回転位置において、光学ユニット50全体の波面収差の値を計測する。そして、光学ユニット50全体の波面収差の値が最小値となる回転位置を得る。最後に、その回転位置で、枠体20と枠体32を、接着剤等で固定する。

なお、枠体20と枠体32を固定しない場合は、この回転位置で、枠体20にマーク2を設ける。このとき、マーク2の一部がマーク3の一部と繋がるように、マーク2を設ける。このようにしておけば、可変光学素子10と光学系31を別々に配置する時に便利である。

この第3の設定方法は、カバーガラス15, 16で発生する波面収差の値が、界面12や光学系31で発生する波面収差の値に比べて小さい場合に有効である。

なお、界面12、カバーガラス15, 16、光学系31の波面収差の大小関係は不明な場合が多い。よって、上記の各方法を行なって、最も波面収差の値が小さくなるようにするのが好ましい。

#### 【0021】

このように構成された撮像装置40において、マーク2, 3の作用について、

以下に説明する。

例えば、撮像装置40を使って、物体を撮像することを考える。物体は、水平方向の遠方に位置しているとする。この場合、撮像装置40は、光学ユニット50の光軸Aが水平方向と平行になるように配置される。その際、基準となる位置から見て、枠体20及び枠体32の最も高い位置にマーク2，3が一致するよう、撮像装置40を配置する。あるいは、適当に配置した後、枠体20及び枠体32の最も高い位置にマーク2，3が位置するまで、撮像装置40を光軸Aの回りに回転させる。

このように配置すれば、光学ユニット50で発生する波面収差の値を、最小限に抑えることができる。よって、波面収差を最小限に抑えた画像を撮影することができる。

### 【0022】

なお、本実施形態においては、光学系31を1つ用いて説明したが、2つ以上の光学系31を用いてもよい。その場合は、それぞれを相対的に回転可能に組み合せておく。そして、波面収差の値が所定値以下となる回転位置を得る。そして、その回転位置で、適当な位置にマークを付与しても良い。なお、可変光学素子10と、光学系31の固定方法は、接着固定に限られない。例えば、ねじ留めであっても良い。なお、撮像素子41は、CCDに限らず、例えば、CMOSであっても良い。

### 【0023】

次に、本発明の第3実施形態に係る撮像装置42について、図9を参照して説明する。なお、撮像装置42の説明において、上述した可変光学素子10と構成を共通とする箇所には同一の符号を付して、説明を省略することにする。

撮像装置42は、図9に示すように、光学系60と、プリズム（反射部材）70と、プリズム70からの光を集光させる可変光学素子10と、撮像素子41とを備えている。ここで、プリズム70は、光学系60からの光を偏向するために用いられる。また、可変光学素子10は、プリズム70からの光を集光するために用いられる。撮像素子41は、光学系60と可変光学素子10で形成される像位置に配置されている。

光学系60は、凹レンズ61と、凸レンズ62とから構成されている。そして、光軸Aが水平方向と平行になるように、光学系60は配置されている。

プリズム70は、光を反射して偏向させるものである。プリズム70は、入射面及び出射面がそれぞれ平面となっている。また、プリズム70の反射面70aは、Y-Z平面内において45°の角度をなしている。そのため、光軸Aは90°折り曲げられ、鉛直方向に平行な光軸A'になっている。そして、可変光学素子10は、その光軸A'上に配置されている。

本実施形態では、可変光学素子10は、鉛直方向に平行な光軸A'上に配置されている。この場合、界面12には、全面にわたって重力がかかる。よって、重力が原因で、界面12が局所的に変形することはない。しかしながら、電極17、18、シール部材19の製作誤差により、僅かに界面12が局所的に変形する。その結果、界面12において波面収差が発生する。よって、本実施形態においても、枠体20の外周面にマーク4（指標）が設けられている。

このマーク4の位置は、光学系60、プリズム70との組み合わせにおいて、波面収差が最小になった時の位置を示している。

#### 【0024】

このように構成された撮像装置42において、マーク4の作用について、以下に説明する。

撮像装置42では、光学系は互いに直交する光軸A及びA'を有する。したがって、これまでの実施形態のように、光学系全体が光軸の回りに回転することはない。よって、マーク4は、撮像装置42の光学系を組み立てる際に利用することになる。

図9では、光学系60及びプリズム70は、枠体63で保持されている。そうすると、この枠体63は、図7における枠体32と同様に、枠体20と接続される。この場合、枠体63に対して、枠体20は回転可能になっている。したがって、枠体63に設けられたマーク5（指標）と、枠体20に設けられたマーク4を一致させる。そして、両者を固定すれば、波面収差の値が最小になる光学系を、容易に組み立てることができる。

#### 【0025】

なお、本実施形態において、プリズム70の入射面及び出射面を、屈折力を有する面としても良い。また、反射部材としてプリズム70を用いたが、図10に示すように、ミラー71を用いても良い。なお、光学系60で発生する波面収差を $2\lambda$ 以下にすることが望ましい。また、100万画素以上の画素数を有する撮像素子41を用いる場合、光学系60で発生する波面収差は $1\lambda$ 以下にすることが望ましい。ここで、 $\lambda$ はd線の波長である。なお、光学系60のバックフォーカスを十分にとることが必要である。そこで、光学系60としては負のパワーが先行するレトロフォーカスタイルとすることが望ましい。

### 【0026】

次に、応用例を示す。図11は、上述した撮像装置42を、携帯電話43に用いた例である。この場合、第1の電極17及び第2の電極18に印加する電圧により、可変光学素子10の界面12を変化させることができる。これにより、オートフォーカスやズーミングを行うことが可能となっている。

図11に示すように、撮影の際には、通常、筐体44の長手方向を上下方向に配置して撮影する。そのため、可変光学素子10の光軸Aは、鉛直方向と平行になる。よって、図9や図10の撮像装置42を用いれば、波面収差が最小限に抑えられた画像を得ることができる。

### 【0027】

なお、図12に示すように、撮像装置42を、携帯端末装置45に用いることもできる。携帯端末装置45は、携帯できるサイズのパソコンや情報入力装置である。あるいは、図13に示すように、撮像装置42を、デジタルカメラ46に用いることも可能である。なお、図11や図12の構成において、上述した可変光学素子10、あるいは光学ユニット30を用いた撮像装置、あるいは撮像装置40を用いても良い。

図14は、撮像装置に電力を供給する場合の構成例である。ここでは、制御部47を介して、同一の電源部48から、可変光学素子10と撮像素子41とに電源を供給している。このようにすれば、コンパクトな撮像光学系を構成することが可能となる。なお、この構成例は、上記の携帯電話43、携帯端末装置45及びデジタルカメラ46において、利用することができる。

また、図15に示すように、内視鏡49の対物光学系72に、本発明を用いることもできる。ここで、対物光学系72は内視鏡49の先端部にあり、可変光学素子10を含んでいる。これは、使用時の向きを指定できる場合、マーク2, 3が所定の位置に配置されるように光軸A回りの回転角度を調節することで、波面収差の量を所定値以下にすることができる。

また、上記実施形態では、可変光学素子10は、その光軸が鉛直方向あるいは水平方向と平行になるように配置されている。しかしながら、これに限定されるわけではない。例えば、図16に示すように、光軸の傾きが、鉛直方向と水平方向との間になるように、可変光学素子10を配置することもできる。図16において、レンズ81, 82とからなる光学系80, 83はミラーである。

また、上記実施形態では、可変光学素子10の中心軸は、光軸と一致している。しかしながら、中心軸が光軸に対して偏心（シフト、ティルト）していても良い。これは、積極的に界面12で波面収差を発生させ、これを光学系全体の波面収差の最小化に利用するという考え方である。

### 【0028】

なお、本発明には、以下のものが含まれる。

#### 【付記】

（付記項1）第1の液体と該第1の液体と混合することのない第2の液体とを容器内に収容し、前記2種類の液体への印加電圧の変化に応じて、前記第1の液体と前記第2の液体の界面形状を変化させることにより光学特性を変化させる可変光学素子であって、光軸が略水平方向に配されたときの波面収差が所定値以下となるように水平使用時の光軸回りの角度位置を指示する指標を有する可変光学素子。

この構成によれば、指標が所定の位置に配置されるように、可変光学素子の光軸回りの回転角度を調節することにより、略水平に光軸を配置して使用しても波面収差を所定値以下にすることが可能となる。

（付記項2）第1の液体と該第1の液体と混合することのない第2の液体とを容器内に収容し、前記2種類の液体への印加電圧の変化に応じて、前記第1の液体と前記第2の液体の界面形状を変化させることにより光学特性を変化させる可

変光学素子と、少なくとも一つの他の光学素子を有する光学系とを組合せた光学ユニットであって、光軸が略水平方向に配されたときの波面収差が所定値以下となるように可変光学素子における水平使用時の光軸回りの角度位置を指示する指標を有する光学ユニット。

この構成によれば、指標が所定の位置に配置されるように、光学ユニットの光軸回りの回転角度を調節することにより、略水平に光軸を配置して使用しても光学ユニット全体の波面収差を所定値以下にすることが可能となる。

(付記項3) 前記可変光学素子と、前記光学系とが光軸回りに相対回転可能に組合せられ、光軸が略水平に配されたときの波面収差が所定値以下となるように、水平使用時の光軸回りの可変光学素子と光学系との相対角度位置とを指示する相対角度指標を有する付記項2に記載の光学ユニット。

この構成によれば、可変光学素子と光学系とを相対回転させて、相対角度指標が所定の位置に配置されるように、光学ユニットの光軸回りの回転角度を調節することにより、略水平に光軸を配置しても光学ユニット全体の波面収差をさらに低減することができる。

(付記項4) 第1の液体と該第1の液体と混合することのない第2の液体とを容器内に収容し、前記2種類の液体への印加電圧の変化に応じて、前記第1の液体と前記第2の液体の界面形状を変化させることにより光学特性を変化させる可変光学素子と、該可変光学素子の光軸を該光軸に交差する方向に曲げる少なくとも一つの反射部材とを備え、前記可変光学素子がその光軸の略鉛直に配置されている光学ユニット。

この構成によれば、可変光学素子の光軸を略鉛直に配置されることにより、重力の影響による波面収差を抑えることができるとともに、反射部材を用いて、鉛直方向に交差する方向の光軸を有する光学ユニットを構成することができる。

(付記項5) 付記項1に記載の可変光学素子を備える撮像装置。

この構成によれば、波面収差の量を所定値以下となる可変光学素子または光学ユニットを撮像装置に組み込むことにより、波面収差を最小限に抑えた画像を撮影することができる。

(付記項6) 付記項2から付記項4のいずれか1項に記載の光学ユニットを備

える撮像装置。

この構成によれば、波面収差の量を所定値以下となる可変光学素子または光学ユニットを撮像装置に組み込むことにより、波面収差を最小限に抑えた画像を撮影することができる。

(付記項7) 2種類の液体が収容されている容器の一部に光軸回りの角度位置を指示する指標が設けられている付記項1から付記項3に記載の撮像装置。

(付記項8) 2種類の液体が収容されている容器を保持する枠体を有し、前記枠体の一部に光軸回りの角度位置を指示する指標が設けられている付記項1から付記項3に記載の撮像装置。

(付記項9) 可変光学素子の他に用いている光学素子を保持する枠体を有し、前記枠体の一部に光軸回りの角度位置を指示する指標が設けられている付記項1から付記項3に記載の撮像装置。

(付記項10) 可変光学素子の光軸回りの角度位置を指示する指標として、マークが施されている付記項1から付記項3に記載の撮像装置。

(付記項11) 可変光学素子の光軸回りの角度位置を指示する指標として、枠体の形状が光軸に対して回転非対称である付記項1から付記項3に記載の撮像装置。

(付記項12) 波面収差が所定値以下となる角度位置を指示する指標を設けられている付記項1から付記項3に記載の撮像装置。

(付記項13) 波面収差が最小値となる角度位置を指示する指標を設けられている付記項1から付記項3に記載の撮像装置。

(付記項14) 波面収差を求める際に透過波面を測定する付記項1から付記項3に記載の撮像装置。

(付記項15) 撮像素子を備えた付記項1から付記項3に記載の撮像装置。

(付記項16) 光学系が負の屈折力を有する第1群と正の屈折力を有する第2群以降のいわゆるレトロフォーカスタイルで構成された付記項4に記載の撮像装置。

(付記項17) 反射部材がミラーで構成された付記項4に記載の撮像装置。

(付記項18) 反射部材がプリズムで構成された付記項4に記載の撮像装置。

(付記項19) 撮像素子と電源供給手段を備え、同一の電源供給部にて撮像作用と可変光学作用とを同一の電源供給手段によって行う付記項1から付記項4に記載の撮像装置。

(付記項20) 2種類の液体の屈折率が異なる付記項1から付記項4に記載の撮像装置。

(付記項21) 携帯電話に用いた付記項1から付記項4に記載の撮像装置。

(付記項22) デジタルカメラに用いた付記項1から付記項4に記載の撮像装置。

(付記項23) 顕微鏡に用いた特許請求の範囲の付記項1から付記項4に記載の撮像装置。

(付記項24) 測定器に用いた付記項1から付記項4に記載の撮像装置。

(付記項25) 内視鏡に用いた付記項1から付記項4に記載の撮像装置。

(付記項26) 携帯端末に用いた付記項1から付記項4に記載の撮像装置。

### 【0029】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、この発明に係る可変光学素子、光学ユニットは、指示手段及び相対角度指示手段を有することにより、重力の影響を受けて生じる波面収差を所定値以下にすることができる。また、これらを撮像装置に用いることにより、波面収差を最小限に抑えた画像を撮影することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態に係る可変光学素子の断面図である。

【図2】 可変光学素子を光軸回りに回転させたときの波面収差の方向を示す模式図であり、(a)は波面収差が発生していない状態を示し、(b)は液体を透過することによって生じる波面収差の方向を示し、(c)はカバーガラスを透過することによって生じる波面収差の方向を示す。

【図3】 図2の可変光学素子に付与されているマークの位置を示す斜視図である。

【図4】 図3の可変光学素子に付与されているマークの他の例を示す図であり、(a)はマークの他の位置を示し、(b)はマークの他の形状の例を示す

図である。

【図5】 図2の可変光学素子の变形例である。

【図6】 図2の可変光学素子を用いた光学ユニットの例である。

【図7】 本発明の第2実施形態に係る撮像装置の断面図である。

【図8】 図7の光学ユニットに付与されているマークの位置を示す斜視図である。

【図9】 本発明の第3実施形態に係る撮像装置の断面図である。

【図10】 図9の撮像装置の变形例である。

【図11】 本発明を携帯電話に用いた例であり、(a)は全体図を示し、(b)は内蔵されている光学系を示す。

【図12】 本発明を携帯端末装置に用いた例であり、(a)は全体図を示し、(b)は内蔵されている光学系を示す。

【図13】 本発明をデジタルカメラに用いた例であり、(a)は全体図を示し、(b)は内蔵されている光学系を示す。

【図14】 本発明の可変光学素子と、撮像素子との電源部を示す概略図である。

【図15】 本発明を内視鏡に用いた例である。

【図16】 撮像装置の变形例である。

#### 【符号の説明】

1, 2, 3, 4, 5 マーク (指標)

1 0 可変光学素子

1 1 第1の液体

1 2 界面

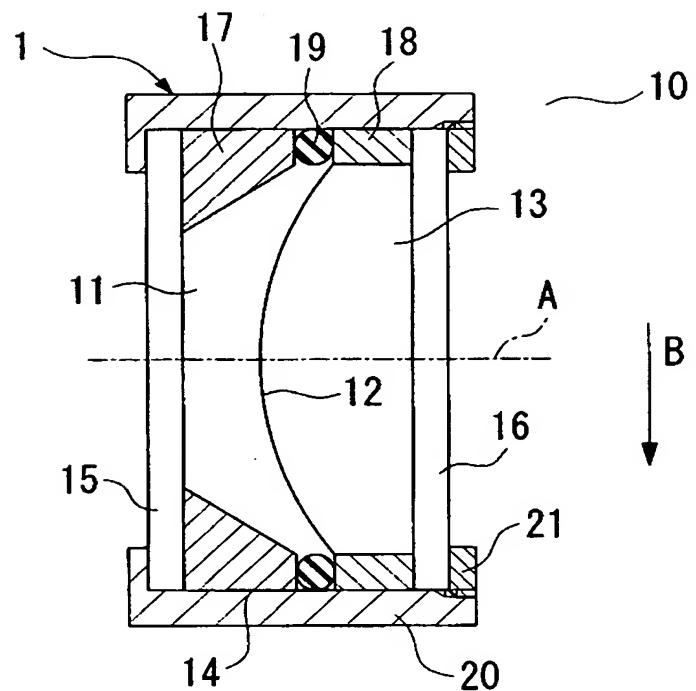
1 3 第2の液体

3 0, 5 0 光学ユニット

4 0, 4 2 撮像装置

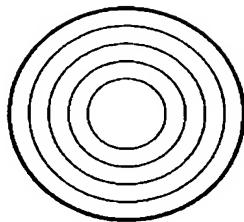
【書類名】 図面

【図 1】

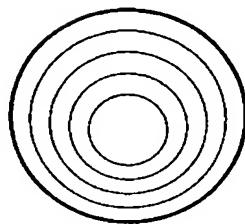
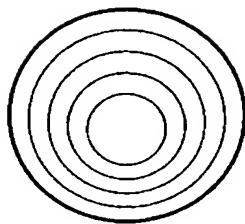
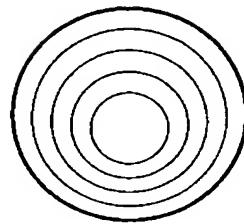
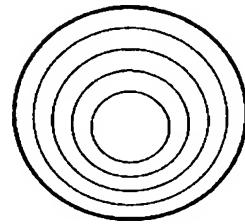


【図 2】

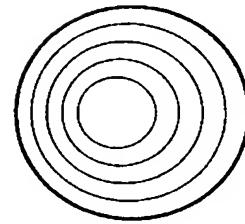
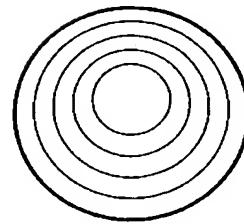
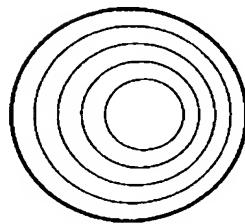
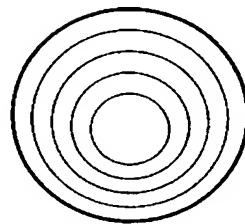
(a)



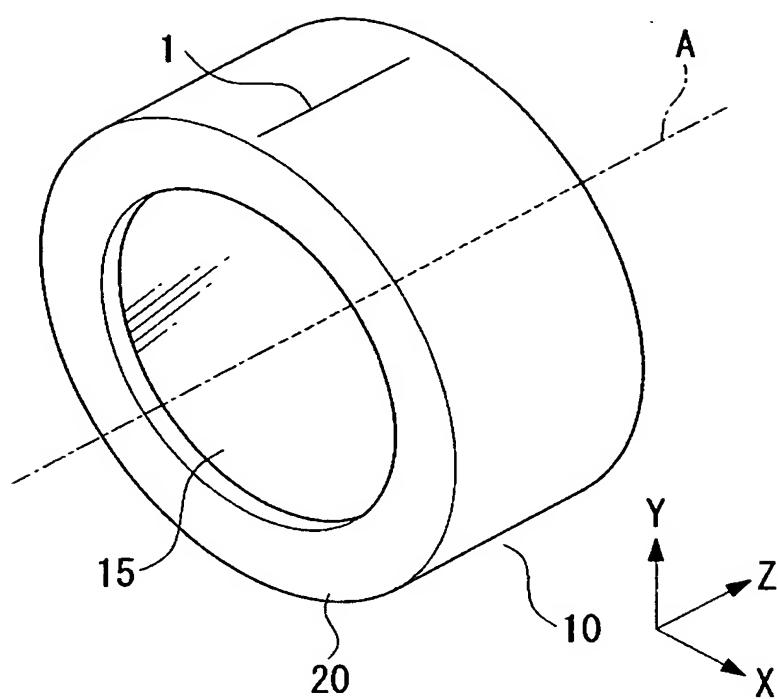
(b)

 $\theta$  $\theta + 90^\circ$  $\theta + 180^\circ$  $\theta + 270^\circ$ 

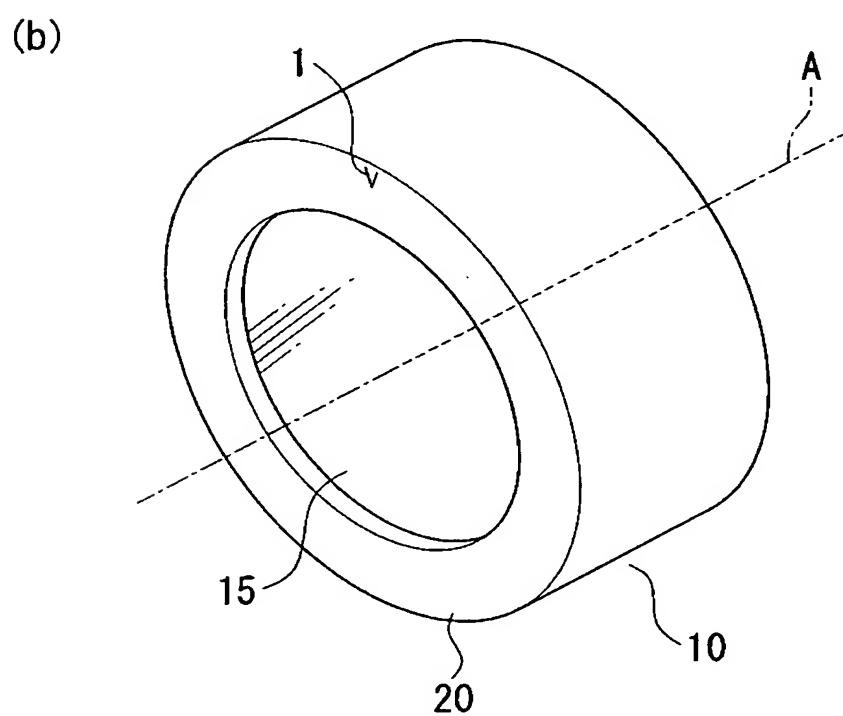
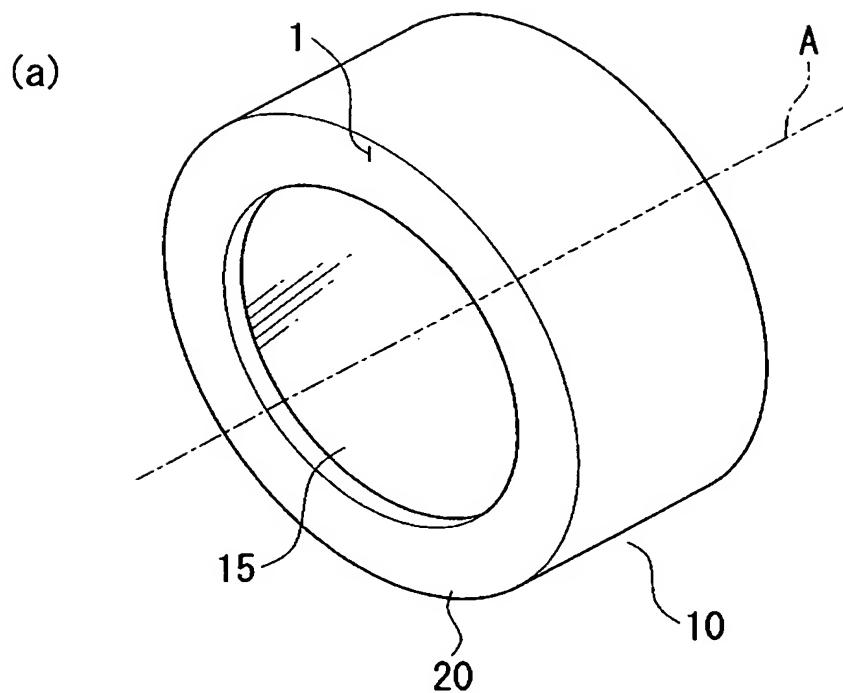
(c)



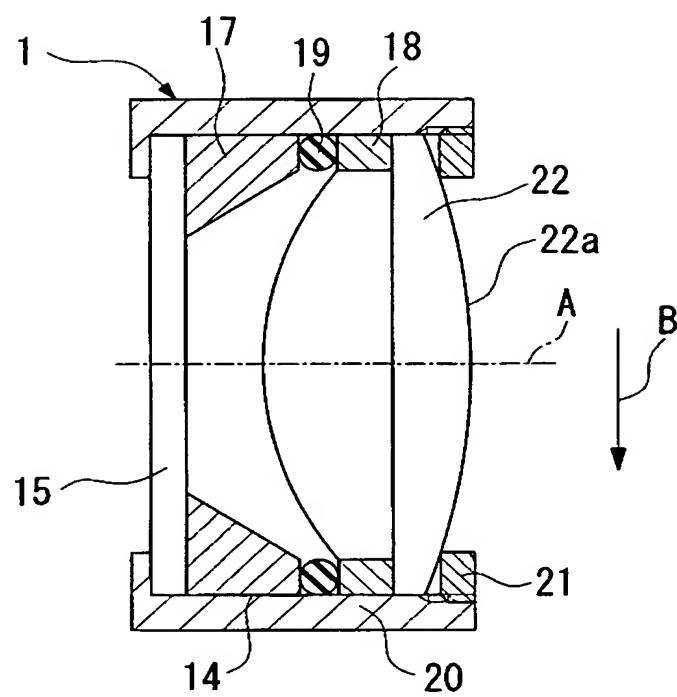
【図3】



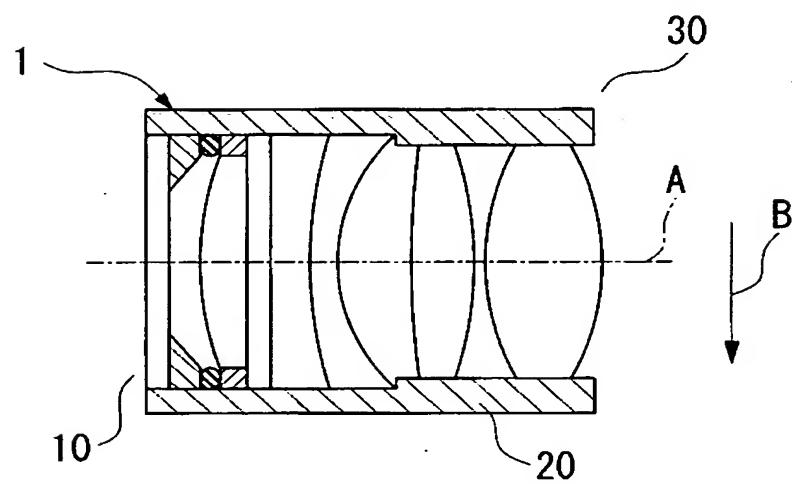
【図 4】



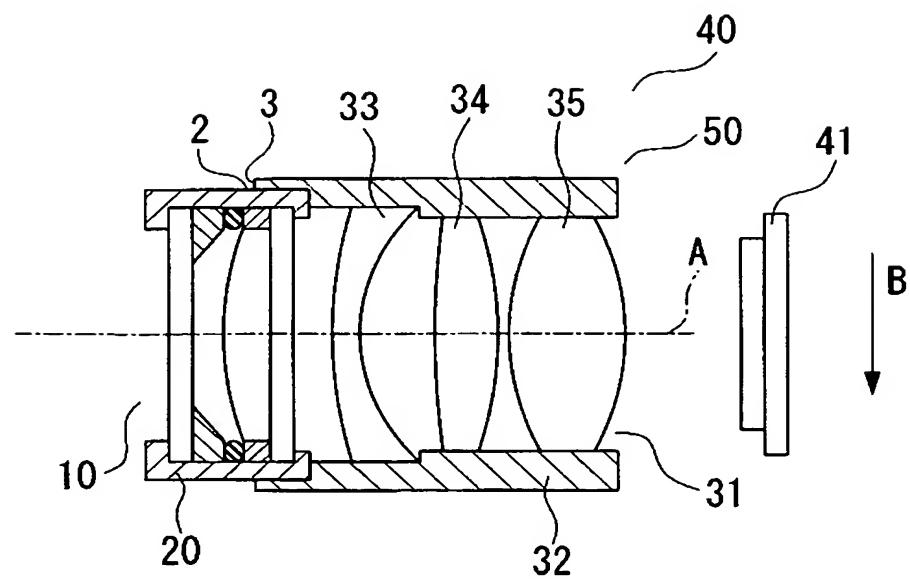
【図 5】



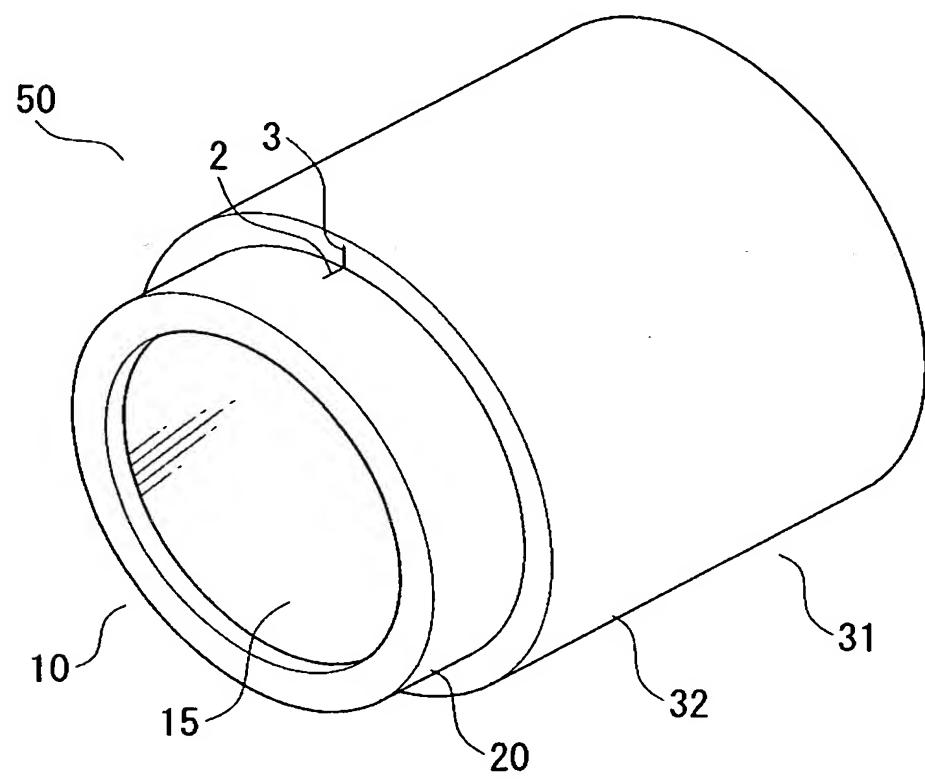
【図 6】



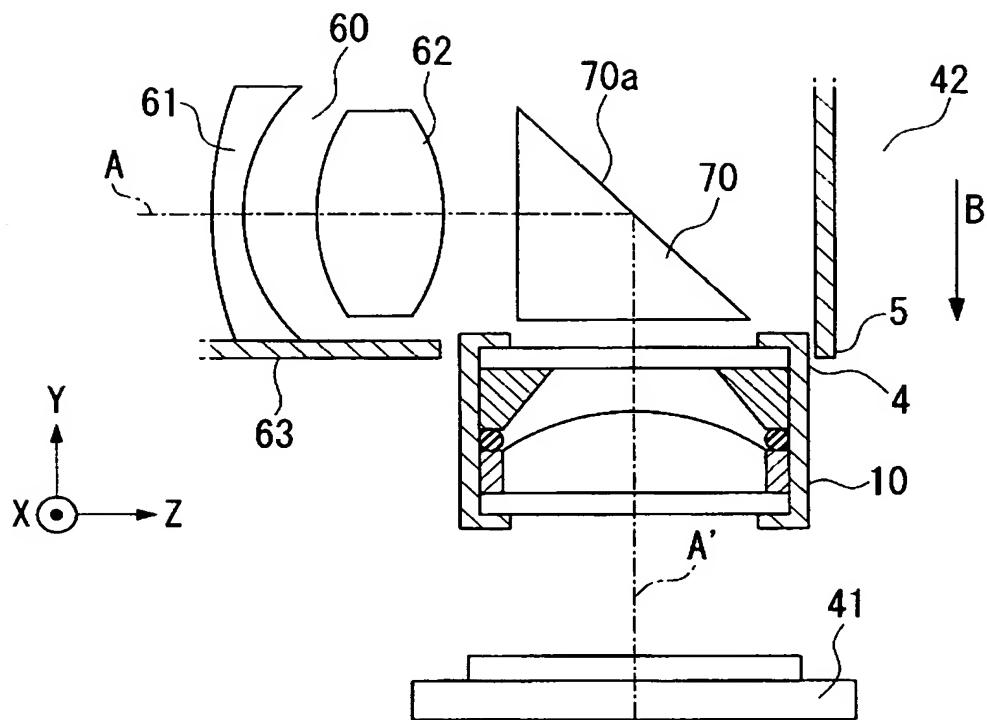
【図 7】



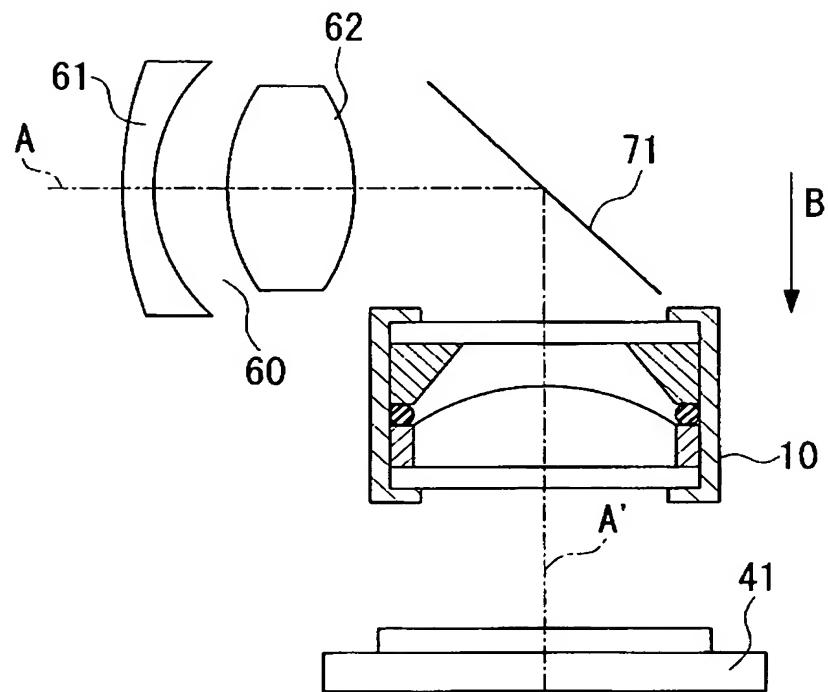
【図 8】



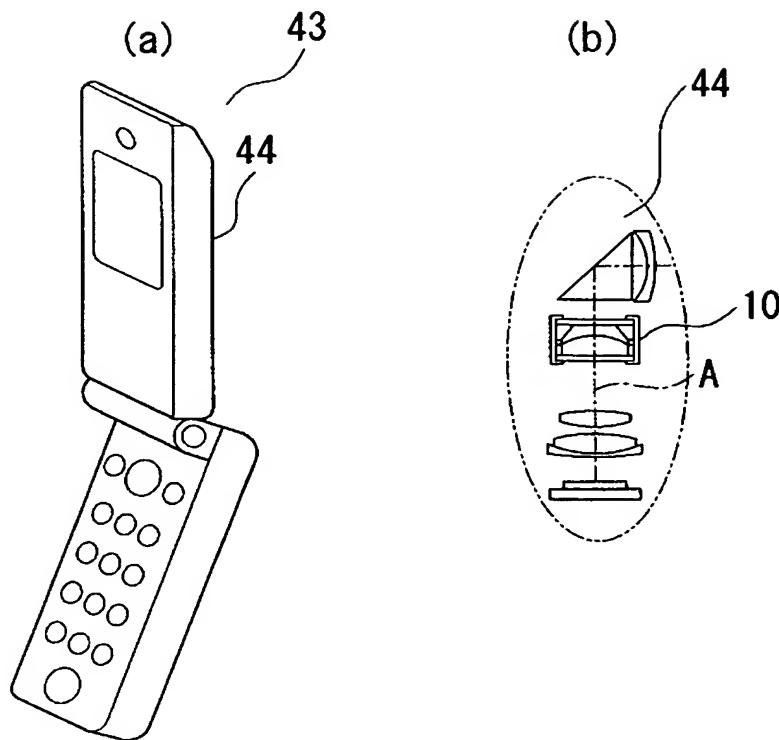
【図 9】



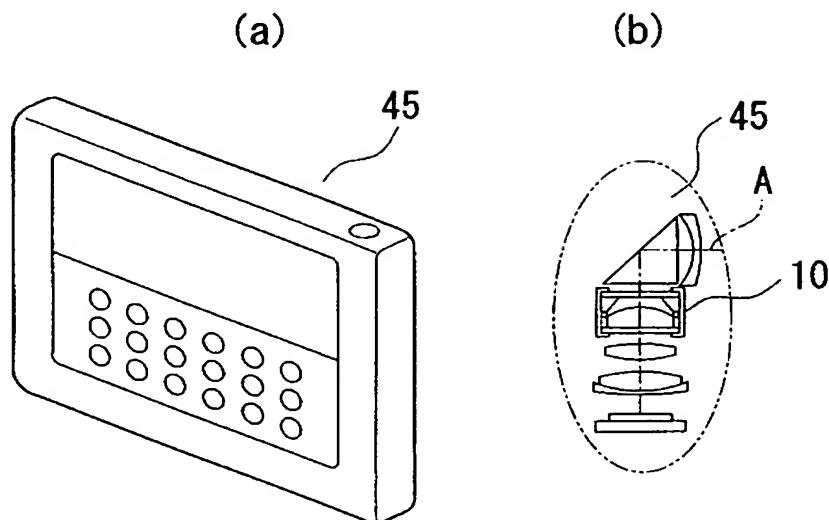
【図 10】



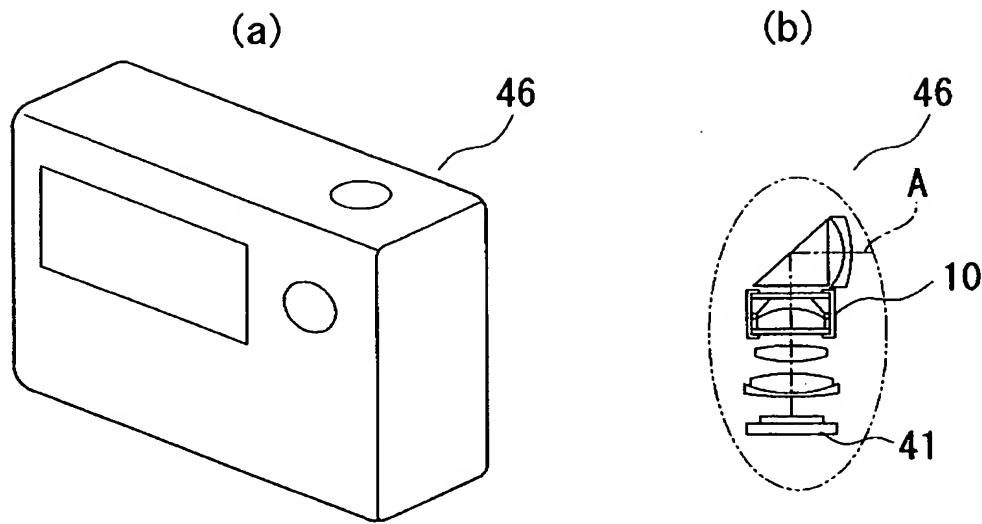
【図11】



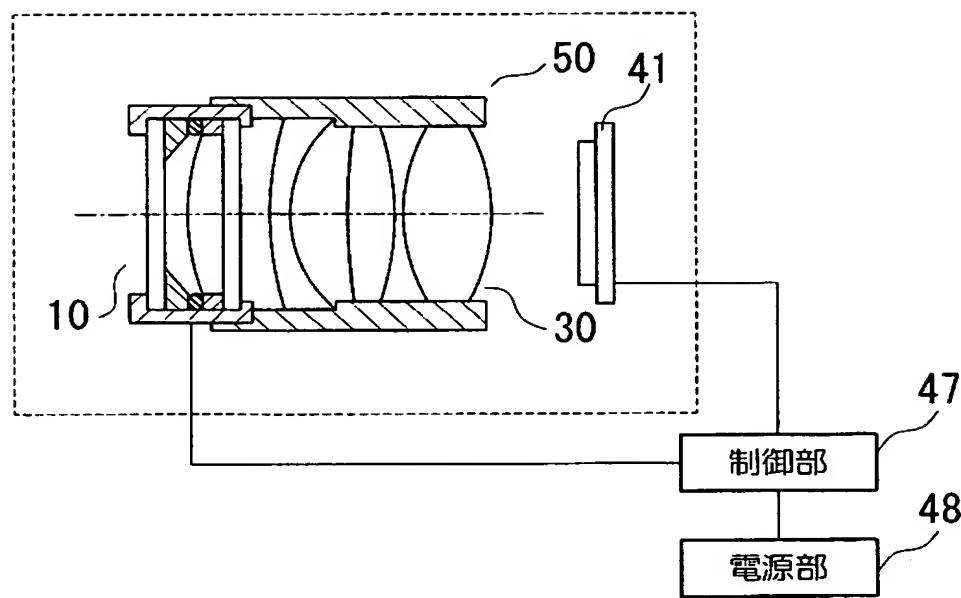
【図12】



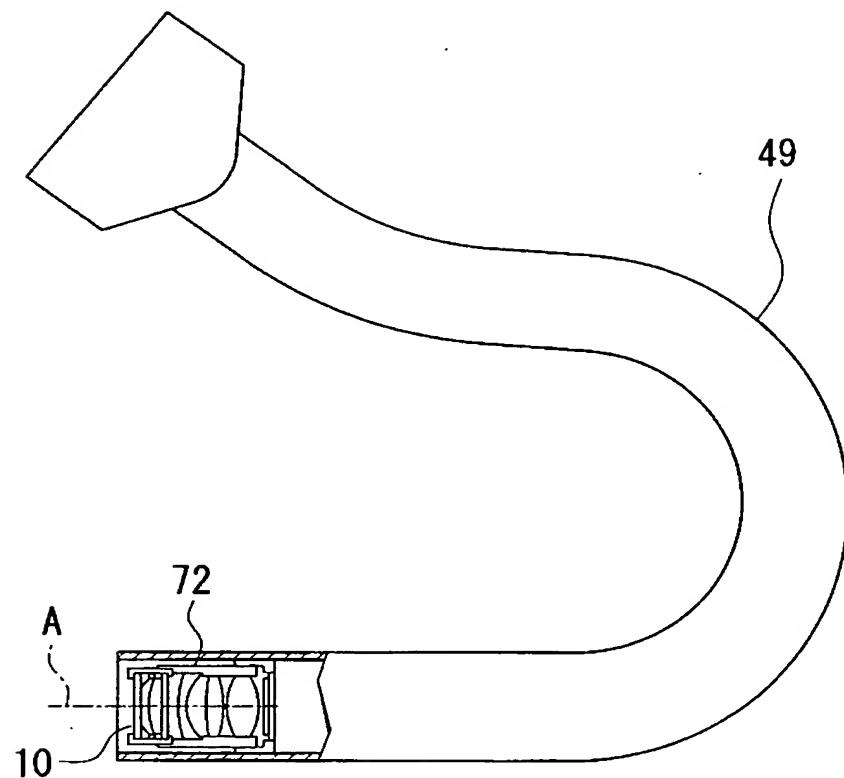
【図13】



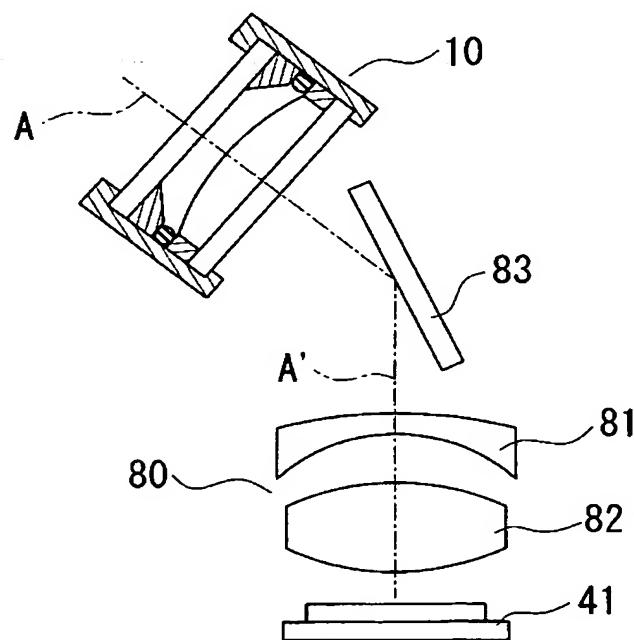
【図14】



【図15】



【図16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 可変光学素子、光学ユニット及び撮像装置において重力の影響による波面収差を最小限に抑える。

【解決手段】 第1の液体11と該第1の液体11と混合することのない第2の液体13とを容器12内に収容し、前記2種類の液体への印加電圧の変化に応じて、前記第1の液体11と前記第2の液体13の界面12形状を変化させることにより光学特性を変化させる可変光学素子10であって、前記可変光学素子10は、所定の基準に対して、前記可変光学素子10を位置決めするための指標1を有し、前記指標1は、所定の基準に対して前記可変光学素子10が位置決めされた状態において、前記可変光学素子10の波面収差が所定値以下あるいは最小となることを示すものであることを特徴とする可変光学素子10を提供する。

【選択図】 図1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-126550
受付番号	50300730879
書類名	特許願
担当官	小松 清 1905
作成日	平成 15 年 5 月 14 日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100106909

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場 3-23-3 OR ビル

【氏名又は名称】 棚井 澄雄

## 【代理人】

【識別番号】 100064908

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場 3 丁目 23 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 志賀 正武

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場 3 丁目 23 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 青山 正和

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場 3 丁目 23 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 鈴木 三義

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100086379

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場 3 丁目 23 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 高柴 忠夫

次頁有

## 認定・付力口青幸良（続巻）

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100118913

【住所又は居所】 東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ  
ル志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 上田 邦生

次頁無

特願 2003-126550

## 出願人履歴情報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
氏 名 オリンパス光学工業株式会社

2. 変更年月日 2003年10月 1日

[変更理由] 名称変更

住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
氏 名 オリンパス株式会社